

Тонкопленочные полярные структуры на основе сегнетоэлектриков и широкозонных полупроводников для устройств микроэлектромеханики и инфракрасной техники

И.П. Пронин

*ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021 Санкт-Петербург, Россия
e-mail: Petrovich@mail.ioffe.ru*

Прогресс в развитии методов формирования тонкопленочных структур и высокоточных диагностических методов, начиная с 90-х годов прошлого века по настоящее время, позволил резко расширить границы использования тонкопленочных сегнетоэлектриков и широкозонных полупроводников. Эти материалы востребованы в функциональной электронике и других технических приложениях, начиная от элементов неразрушаемой (FRAM) и динамической (DRAM) памяти, мультиферроиков, СВЧ устройств (перестраиваемых фильтров, линий задержки, генераторов), приборов инфракрасной (IR) техники (датчиков слежения в инфракрасном диапазоне), до разнообразных устройств микроэлектромеханики (MEMS). Совместимость вышеупомянутых технологических методов с кремниевой электроникой позволяет не только миниатюризировать создаваемые устройства, но и уменьшить их энергопотребление и стоимость.

Требования к полярным материалам заметно различаются в зависимости от того, в каких областях они используются. Для устройств памяти основным требованием к сегнетоэлектрикам является увеличение числа циклов переключения спонтанной поляризации без ее деградации. Для устройств микроэлектромеханики и ИК-техники, где могут использоваться также и полярные широкозонные полупроводники, напротив, основными критериями являются не только максимизация электромеханических или пьезоэлектрических параметров, но и их устойчивость к внешним воздействиям (температуры, механических напряжений, электрических напряжений, агрессивных сред и т.д.).

В работе проводится сравнительный анализ сегнетоэлектрических и широкозонных полупроводниковых тонкопленочных материалов с точки зрения их эффективного использования в MEMS устройствах и приборах IR-техники, обсуждаются наиболее востребованные технологии их получения, приводятся наиболее важные электрофизические параметры материалов, анализируются возможности их использования в реальных условиях.

Значительное внимание уделяется одним из самых востребованных тонкопленочных материалов – сегнетоэлектрическим твердым растворам цирконата-титаната свинца (PZT), состав которых соответствует либо области морфотропной фазовой границы, либо области сегнетоэлектрической тетрагональной фазы. Обсуждается природа формирования в тонких пленках самополяризованного состояния, а также преимущество использования самополяризованных пленок в устройствах MEMS и IR-техники.

Обсуждаются методы выращивания тонких пленок полярных полупроводниковых нитридов, в первую очередь, нитридов алюминия и галлия. Приводится сравнение диэлектрических, электромеханических и пьезоэлектрических свойств поликристаллических и эпитаксиально выращенных тонких пленок. ДискуSSIONируется роль механических напряжений и влияние нестехиометрии состава в выращенных эпитаксиальных структурах на различных подложках.

В завершение анализируются перспективы возможности создания новых, более эффективных полярных материалов и методов их изготовления для устройств MEMS и IR-техники, а также других приложений.